

弱视的临床视觉电生理研究进展及其评述

张 奥,严兴科,刘安国

基金项目:国家自然科学基金资助项目(No. 81260560);甘肃郑氏针法学术流派传承工作室开放基金(No. LP0128060-KFJJ03)
作者单位:(730000)中国甘肃省兰州市,甘肃中医药大学针灸推拿学院

作者简介:张奥,在读硕士研究生,研究方向:针灸治疗小儿弱视的机制和针灸技术规范与疗效评价。

通讯作者:严兴科,博士,教授,博士研究生导师,研究方向:针灸治疗小儿弱视的机制和针灸调节效应的生物学机制. yanxingke@126.com

收稿日期:2016-03-11 修回日期:2016-06-12

Study progress of clinical electrophysiology on amblyopia

Ao Zhang, Xing-Ke Yan, An-Guo Liu

Foundation items: National Natural Science Foundation of China (No. 81260560); Open Project of Zheng's Acupuncture Genre Heritage Studio in Gansu(No. LP0128060-KFJJ03)

College of Acupuncture & Moxibustion and Tui-na of Gansu University of Chinese Medicine, Lanzhou 730000, Gansu Province, China

Correspondence to: Xing-Ke Yan. College of Acupuncture & Moxibustion and Tui-na of Gansu University of Chinese Medicine, Lanzhou 730000, Gansu Province, China. yanxingke@126.com

Received:2016-03-11 Accepted:2016-06-12

Abstract

• Electrophysiology examination is an important technique in studying amblyopia, which mainly includes electrooculography (EOG), electroretinography (ERG), visual evoked potential (VEP). This study does not only summarizes the definition, the mechanisms and the meaning of these indexes in the relevant research progress in recent years, but also makes a comment on the controversies among the relevant research conclusions.

• **KEYWORDS:** amblyopia; electroretinography; visual evoked potential

Citation: Zhang A, Yang XK, Liu AG. Study progress of clinical electrophysiology on amblyopia. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2016;16(7):1279-1282

摘要

近年来视觉电生理技术广泛地应用于弱视的临床研究,取得了丰富的成果。本文结合近年来弱视的临床视觉电生理研究进展,分别对于眼电图、视网膜电图、视觉诱发电位等视觉电生理指标的定义、产生机制及其在弱视的临床电

生理研究中的意义等进行综述,并对相关研究结论的争议做一评述。

关键词:弱视;视网膜电图;视觉诱发电位

DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2016.7.18

引用:张奥,严兴科,刘安国.弱视的临床视觉电生理研究进展及其评述. *国际眼科杂志* 2016;16(7):1279-1282

0 引言

弱视(amblyopia)是临床中常见的眼科疾病,是一种无法通过光学矫正达到正常视力,还伴有空间对比敏感度下降等多种视觉功能紊乱的发育性视觉障碍,对患者的生活质量影响较大^[1-2]。弱视的发病机制较为复杂,且不同类型弱视的病理表现也不尽相同,为其临床研究带来了难度;视觉电生理检查技术作为一种客观、定量、无创伤的检查方法,是视觉功能性检查中重要的组成部分;其应用于临床检查以来,极大的促进了弱视相关研究的发展。本文结合国际临床视觉电生理协会(International Society for Clinical Electrophysiology of Vision, ISCEV)所指定的最新临床视觉电生理检查规范^[3-7],分别对于眼电图、视网膜电图、视觉诱发电位等视觉电生理指标的定义、产生机制及其在弱视的临床电生理研究中的意义等进行综述,并对相关研究结论的争议做一评述。

1 眼电图

眼电图(electrooculography, EOG)是记录眼的静息电位的一种客观定量检查法,主要反映视网膜色素上皮层和感光细胞外节复合体的功能,其电生理反应起源于视网膜色素上皮和光感受器的外节部分^[8]。弱视眼的EOG表现与正常眼相比是否存在显著区别,是学界富有争议的话题。过去曾普遍认为弱视患者的视网膜色素上皮的功能正常,其EOG表现与正常人并没有明显的差异,只有部分学者认为弱视患者视锥细胞和神经节细胞发育存在异常^[9-10]。后来陆续有研究发现弱视眼的EOG数据在某些方面与健眼相比有显著差异,如Williams等^[11]在对弱视眼的研究中,发现弱视眼的EOG平均数值低于对侧健眼,表明弱视患者的视网膜有一定损伤;崔惠贤等^[12]发现弱视眼与正常眼的EOG除峰基比间差异与光峰时间间差异有显著性,且弱视眼的时间值大于健眼,证明弱视眼细胞的兴奋状态轻度受阻。然而不是所有的研究都支持EOG在弱视患者的特异性区别,如李惠玲等^[13]观测V-EOG的光峰电位与暗谷电位之比的Arden比值和光峰电位两项指标,发现虽然弱视组这两项值较低,但与正常组的差异并没有统计学意义;弱视眼P-VEP的P1波潜伏期与V-EOG光峰电位呈负相关即潜伏期延长,光峰电位下降;P1波振幅与光峰电位相关性尚不能得出明确结论,统计结果处于临界值之间。

弱视的EOG研究一直未得出较为统一的意见,可能

与各个研究所采纳的分析方式不同有关,也可能与研究纳入的各种类型、各个年龄段的弱视患者所占比例不同有关,如朱丹等^[14]的研究中,斜视型弱视组与正常组的 EOG 表现没有区别,但是屈光不正型弱视组与形觉剥夺型弱视组均分别表现出与正常组的显著性差异。因此 EOG 与弱视之间的相关性还待进一步深入探索,建议严格按照弱视的类型与患者的年龄开展分类研究。

2 视网膜电图

视网膜电图 (electroretinography, ERG) 是视网膜受不同形式光刺激后产生的电位变化,能够较为客观可靠的反映视网膜的功能^[15],是最早标准化的临床视觉电生理检查方法^[16]。

2.1 闪光视网膜电图 闪光视网膜电图 (flash electroretinography, F-ERG), 即全视野视网膜电图 (full-field clinical electroretinography, fERG 或 simple ERG), 是指用闪光刺激整个视网膜时整个视网膜的总和电反应^[4], 要反映视网膜第一、二级神经元, 既中层和外层视网膜的功能^[17], 如病变部位比较局限, 则全视野 ERG 往往表现正常, 无法明确反应弱视患者的特征性局部功能异常^[18]。易笃友等^[19]对大龄弱视患者进行治疗后, 发现随着视力的好转, 其 F-ERG a 波和 b 波的振幅均有升高, 但是没有给出治疗前后的具体数值, 也无法与正常值进行比对。林发森等^[20]对弱视患者进行 F-ERG 检测, 发现斜视、屈光参差和屈光不正性弱视眼 b 波幅值无异常, 而形觉剥夺性弱视眼 b 波幅值明显低于正常眼, 认为主要与形觉剥夺性弱视的视网膜受损程度与范围大于其他三种弱视有关, 但其结论缺乏同类型实验的进一步支持。

在其他学者对弱视患者的 F-ERG 进行的细致研究中, 大部分结果都未发现异常^[21], 因此一般不将其作为弱视的临床研究中所采用的电生理指标。建议今后对于进一步研究形觉剥夺性弱视的 F-ERG 数据, 通过大量样本、多中心试验来证实两者之间的对应关系。同时, 部分文献将 focal electroretinography、multifocal electroretinography 等也简称为 F-ERG^[22], 容易导致其与 flash electroretinography 的混淆, 建议建立较为统一的缩写定名方式。

2.2 图形视网膜电图 图形视网膜电图 (pattern electroretinography, PERG) 是在某些特定图形翻转的视觉刺激下产生的视网膜电图, “弱视眼的图形 ERG 振幅与正常眼相比显著降低” 这一观点已经被中外多项研究证实^[5]。Arden 等^[22]发现弱视患者的 PERG 表现为弱视眼振幅与正常眼振幅的比值低于正常值; 而对于正处在遮盖治疗阶段的弱视患者, 弱视眼 PERG 振幅与正常眼 PERG 振幅的比值高于正常值。Persson 等^[23]发现弱视眼偏斜在 4° 范围内时, 其 P-ERG 数据振幅明显低于对侧眼。阴正勤等^[24]也观察到弱视眼 P-ERG 潜伏期延长, 振幅降低, 提示弱视眼视网膜功能受损。国内部分研究也支持相关结论^[25-26]。目前比较公认的结论是弱视患者神经节细胞活动不足, 或是神经节细胞本身功能降低导致弱视眼 P-ERG 波幅降低^[27]。国内较新的研究也观察到与非弱视组相比, 弱视组的 q 波波幅降低, 潜伏期均值有所延长, 说明弱眼在视通路不同水平上可能有视功能的障碍^[28]。但国内外的相关研究也存在相反的结论, 如 Hess 等^[29-30]对重度弱视患者的研究提示, 在充分矫正屈光不正后弱视眼 P-ERG、F-ERG 均无异常。Gottlob 等^[31]发现弱视患者单眼注视时 P-ERG 振幅下降, 但双眼注视时 P-ERG 最大

振幅值与对侧眼中心注视的振幅相比, 不存在显著差异。弱视患者 P-ERG 的特异性改变较为值得肯定, 产生争议的原因主要与不同研究分析 P-ERG 时采用的指标与分析方式不同有关, 也可能与不同年代 P-ERG 测量设备的精度不同以及测量环境有关。ISCEV 建议所有的 P-ERG 报告都应当包含 P50 与 N50 振幅的数值, 以及 P50 波峰时间值; 并且说明 P-ERG 各项数据的正常值应当在每项研究中结合所采用的仪器以及研究对象的特点自行制定, 尤其需要注意 P-ERG 在不同年龄段的差异^[5]。

2.3 视网膜电图明视负波反应 视网膜电图明视负波反应 (photopic negative response, PhNR) 指在特定的光源刺激下, 在正向的 b 波后记录到的一个缓慢出现的负相波, 是一种较为敏感的反映视神经节细胞及其轴突功能的指标^[32-33], 并在眼科累及视神经的疾病中得到应用^[34]。陆守权等^[35]将成人弱视患者的 PhNR 数据与正常人进行比对, 弱视组 PhNR 在蓝/红光刺激及白/白光刺激下的振幅均值均较正常组降低, 其差异有显著性; 而弱视组 PhNR 数据在蓝/红光刺激及白/白光刺激下潜伏时间的均值与正常组相比无显著性差异, 提示弱视眼视网膜神经节细胞功能可能存在一定程度的抑制。周继容等^[36]所做研究结果与其相同。刘春民等^[37]发现在一定强度和颜色的背景光线和刺激光线后, 儿童远视性弱视眼的 PhNR 的振幅较正常眼增大。

虽然目前初步证实成人弱视患者与儿童弱视患者均存在不同的特异型 PhNR 表现, 但其作为一种较新的视觉电生理指标, 主要参照 ISCEV 2004 年的 ERG 标准^[38]进行测量研究, 缺乏更加具体详细的国际标准, 且应用于弱视研究的时间较短, 建议完善相关理论与经验, 建立成熟的弱视 PhNR 诊断标准。

2.4 多焦视网膜电图 多焦视网膜电图 (multifocal electroretinography, mfERG) 可分为一阶反应 (first-order kernel) 和二阶反应 (second-order kernel), 可以综合反应在不同视网膜区域发生的电反应^[6]。鞠宏等^[39]发现与正常眼相比, 弱视眼的 mfERG 图基本表现为振幅降低, 说明其视网膜神经节细胞可能受到损害。封利霞等^[40]发现单眼弱视患者患眼的 mfERG 图反应振幅密度低于健眼与正常标准值, 显示弱视眼 mfERG 二阶反应异常, 也初步证实弱视眼的神经节细胞可能受损。

最新研究表明, 如果检查时发生光学离焦、注意力不集中、固视不好等情况, 都可能会导致其 mfERG 图 N1 波与 N2 波的振幅降低, 尤其中央区, P1 波和 N2 波潜伏期缩短^[41-43]由于 mfERG 振幅变异程度较大, 建议以后弱视的 mfERG 研究中应考虑受试者的年龄、性别、眼别、屈光不正及其程度等因素对 mfERG 一、二阶反应的影响^[44]。

3 视觉诱发电位

视觉诱发电位 (visual evoked potentials, VEP) 是大脑皮质枕叶区接受视刺激时产生的电位变化^[7]。

3.1 图形诱发电位 图形诱发电位 (pattern visual evoked potential, P-VEP) 属于视觉诱发电位的一种, 是大脑皮质对视觉刺激发生反应的生物电信号^[45]。多项研究证实弱视眼的 P-VEP 与正常眼相比具有特异性差别, 尤其体现为振幅的差异。Williams 等^[11]发现弱视眼 P-VEP 振幅较正常眼降低。Oner 等^[46]对 34 例进行遮盖治疗的弱视儿童进行研究, 观察到弱视眼的 P-VEP 潜伏期在治疗前后无特异性差别, 但是 P-VEP 图的振幅显著增大, 且与

Snellen 视力表反应的视力水平成正相关。Krzystkowa 等^[47]发现斜视型弱视者患眼 P-VEP 的 P1 波振幅显著下降,因而推断 VEP 的特异性表现对于斜视型弱视具有诊断意义。张艳芳等^[48]观察到弱视治疗后 P-VEP 的变化体现为 P100 波改变情况为波幅增加和峰值时值缩短,周妍丽等^[49]观察到远视性弱视儿童弱视眼的 P-VEP 数据与对侧健眼相比主要表现为 P100 波的潜伏期延迟与振幅下降。张学印等^[50]发现 LP100 随弱视程度加重而延长,而 AP100 随弱视程度减轻而减小。

P-VEP 检查结果对于训练治疗方法的制定具有指导意义^[51]。如徐恒等^[52]利用不同空间频率阈值检测患者 PVEP 变化曲线,找到受检眼视觉最敏感和刺激最明显的空间频率,据此为患者制作视觉刺激训练方案,取得了良好疗效;尹峥等^[53]利用 P-VEP 变化曲线筛选弱视患者最佳刺激频率,再结合患儿喜好制作电脑游戏;疗程中患者矫正视力每提高两行重新检查 P-VEP,更新游戏内容,治疗组有效率达到了 94.4%。

3.2 闪光诱发电位 闪光诱发电位 (flash visual evoked potential, F-VEP) 技术,是指利用均一的无图像的闪光刺激视网膜,记录通过枕区头皮表面的电位^[54]。目前该项技术主要应用于弱视的动物实验^[55-56],研究者普遍认为 F-VEP 在人弱视眼的表现没有特异性改变,因此临床基本不用做弱视的特异性诊断指标^[57-58]。

3.3 多焦视觉诱发电位 多焦视觉诱发电位 (multifocal visual evoked potential, M-VEP) 利用伪随机多焦刺激技术,显示视网膜各个部位诱发出的反应振幅^[59]。余敏忠^[60]观察到 M-VEP 在屈光不正性弱视、屈光参差性弱视患眼表现为视野中央区振幅的显著下降与潜伏期的显著延长;在内斜视性弱视患眼,相似的表现存在与视野中央区及颞侧。彭芳等^[61]发现斜视性弱视组患者鼻侧视网膜的反应潜伏期显著长于正常人,其特定部位的反应振幅密度则明显低于正常人。刘晖等^[62]发现斜视性(内斜)弱视组中鼻侧网膜反应振幅密度均小于颞侧网膜。袁平等^[63]观察到斜视型弱视患者 mfVEP 的 P1 波潜伏期平均值与正常人有显著差异,外斜型弱视的波形变异程度小于内斜型弱视。

M-VEP 在弱视的临床研究中使用较为广泛,但是也受到一定个体间变异性的限制^[16]。建议与脑电波 EEG 等其他较为成熟的检查手段联合使用,或者与 ERG 等进行同步测量^[64-65]。

3.4 多导视觉诱发电位 VEPs 多导视觉诱发电位 (visual evoked potentials, VEPs) 即用 VEP 多通道 (12 ~ 48 个电极) 记录皮表面多个点的数据并进行二次处理,得到 VEP 地形图 (visual evoked potential mapping, 又称为 VEP 拓扑图, visual evoked potential topography), 是研究 VEP 起源定位的重要方法之一^[66]。陈雪艺等^[67]发现了屈光不正性弱视 VEPs 数据中 P1 潜伏时间及 N1P1 振幅的异常。赵勋兴等^[68]通过比对特定情况下检测的 VEP 地形图,发现斜视性弱视与屈光参差性弱视的发病机制可能不同。邱芳芳^[69]观察到斜视型弱视 VEPs 的抑制现象,并且发现其多导 VEPs 地形图在头皮的分布基本呈非对称分布,其分布方式取决于斜视症状的类型。多导视觉诱发电位比较适合用于临床不同类型弱视之间的比对研究,在研究弱视的发病机制方面具有较大意义。

4 小结

目前弱视的临床电生理学研究已经取得了丰富的成果,但是部分研究缺乏对于试验对象年龄、弱视分类等的大样本分类研究,也缺乏较为公认的参考指标,导致部分结论存有较大争议。今后的相关研究应当尽量参照现行的视觉电生理标准,提高研究的准确性与规范性,并且充分考虑研究中所纳入弱视病例的病理分型、个体差异等等,确定相关特异指标、制定较为公认的临床弱视电生理诊断参考标准,并结合多项指标同步测量、电生理指标与影像学指标结合等方式,推动相关研究的发展。

参考文献

- Chen Y, Chen X, Chen J, et al. Longitudinal impact on quality of life for school - aged children with amblyopia treatment: perspective from children. *Curr Eye Res* 2016;41(2):208-214
- 王文和, 祁玮. 儿童弱视治疗与立体视觉康复. *中国医药指南* 2015;13(13):82-83
- Marmor MF, Brigell MG, McCulloch DL, et al. ISCEV standard for clinical electro - ophthalmology (2010 update). *Documenta Ophthalmologica* 2011;122(1):1-7
- McCulloch DL, Marmor MF, Brigell MG, et al. ISCEV Standard for full - field clinical electroretinography (2015 update). *Documenta Ophthalmologica* 2015;130(1):1-12
- Bach M, Brigell MG, Hawlina M, et al. ISCEV standard for clinical pattern electroretinography (PERG): 2012 update. *Documenta Ophthalmologica* 2013;126(1):1-7
- Hood DC, Bach M, Brigell M, et al. ISCEV standard for clinical multifocal electroretinography (mfERG) (2011 edition). *Documenta Ophthalmologica* 2012;124(1):1-13
- Odom JV, Bach M, Brigell M, et al. ISCEV standard for clinical visual evoked potentials (2009 update). *Documenta Ophthalmologica* 2010;120(1):111-119
- Marmor MF, Zrenner E. Standard for clinical electro - ophthalmology. *Documenta Ophthalmologica* 1993;85(2):115-124
- Sokol S, Nadler D. Simultaneous electroretinograms and visually evoked potentials from adult amblyopes in response to a pattern stimulus. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1979;18(8):848-855
- Arden GB, Carter RM, Hogg CR, et al. Reduced pattern electroretinograms suggest a preganglionic basis for non-treatable human amblyopia. *J Physiology* 1980;308:82-83
- Williams C, Papakostopoulos D. Electro - ophthalmographic abnormalities in amblyopia. *Br J Ophthalmol* 1995;79(3):218-224
- 崔惠贤, 李惠玲, 任新荣, 等. 弱视儿童视觉眼电图 (V - EOG) 的检测与探讨. *眼科新进展* 1994;14(1):19-20
- 李惠玲, 金婉容, 崔惠贤, 等. 儿童弱视 P-VEP 和 V-EOG 的检测. *中国斜视与小儿眼科杂志* 1999;7(3):115-118
- 朱丹, 郭静秋. 不同类型儿童弱视的视觉眼电图研究. *内蒙古医学院学报* 2000;22(3):157-159
- 宋伟琼, 谭浅, 夏朝华. 正常人闪光视网膜电图的特征. *国际眼科杂志* 2007;7(2):438-441
- 罗文玲. 视觉电生理的临床应用研究进展. *中外医学研究* 2015;13(5):162-164
- Fuller DG, Knighton RW, Machermer R. Bright - flash electroretinography for the evaluation of eyes with opaque vitreous. *Am J Ophthalmol* 1975;80(2):214-223
- 安洁, 海鸥. 多焦视觉电生理在弱视中的研究进展. *国际眼科杂志* 2010;10(5):913-914
- 易笃友, 黄海涛, 余钦其, 等. 大龄弱视患者胞二磷胆碱治疗疗效观察. *医学信息: 下旬刊* 2009;11(1):64-65
- 林发森, 何青, 洪金针, 等. 弱视儿童 P-VEP 和 F-ERG 临床分析及其发病机制初探. *福建医药杂志* 1992;14(2):5-6

- 21 李晓清, 蔡浩然, 郭静秋. 图形视网膜电图及其在眼科临床的应用. *中国斜视与小儿眼科杂志* 1997;5(2): 94-96
- 22 Arden GB, Wooding SL. Pattern ERG in amblyopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1985;26(1): 88-96
- 23 Persson HE, Wanger P. Pattern-reversal electroretinograms in squint amblyopia, artificial anisometropia and simulated eccentric fixation. *Acta Ophthalmologica* 1982;60(1): 123-132
- 24 阴正勤, 方廉逊. 儿童斜视性弱视的图形视网膜电图和图形视觉诱发电位同步记录分析. *眼底病* 1990;6(1): 2-5
- 25 薛彩萍, 左同军, 戴翠萍, 等. 弱视患者图形视网膜电图的分析. *江苏医药* 2012;38(15):1771-1772
- 26 马春霞, 潘爱珠, 于敬妮, 等. 弱视患者 P-VEP, P-ERG 的变化. *国际眼科杂志* 2007;7(4):1162-1163
- 27 罗光伟, 龙时先. 临床视觉电生理标准化进展. *眼科学报* 2007;23(1):1-8
- 28 薛彩萍, 左同军, 戴翠萍, 等. 弱视患者图形视网膜电图的分析. *江苏医药* 2012;38(15):1771-1772
- 29 Hess RF, Baker CL. Assessment of retinal function in severely amblyopic individuals. *Vis Res* 1984;24(10):1367-1376
- 30 Hess RF, Baker Jr CL, Verhoeve JN, et al. The pattern evoked electroretinogram: its variability in normals and its relationship to amblyopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1985;26(11):1610-1623
- 31 Gottlob I, Welge-Lüssen L. Normal pattern electroretinograms in amblyopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1987;28(1): 187-191
- 32 Viswanathan S, Frishman LJ, Robson JG, et al. The photopic negative response of the macaque electroretinogram: reduction by experimental glaucoma. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1999; 40(6): 1124-1136
- 33 Fortune B, Bui BV, Cull G, et al. Inter-ocular and inter-session reliability of the electroretinogram photopic negative response (PhNR) in non-human primates. *Exp Eye Res* 2004;78(1): 83-93
- 34 周薇薇, 刘春民, 苏满想, 等. 远视性弱视儿童视网膜神经纤维层厚度分析. *中国斜视与小儿眼科杂志* 2010;18(4): 145-148
- 35 陆守权, 周继容. 视网膜电图明视负波反应在成人弱视中的临床应用. *中国现代医生* 2010;48(29): 1-3
- 36 周继容, 顾宝文, 贾惠莉, 等. 成人弱视视网膜电图明视负波反应的变化. *国际眼科杂志* 2011;11(2):260-261
- 37 刘春民, 周薇薇, 顾宝文. 远视性弱视儿童视网膜神经节细胞明视负波研究. *中国斜视与小儿眼科杂志* 2011;19(3): 2
- 38 Marmor MF, Holder GE, Seeliger MW, et al. Standard for clinical electroretinography (2004 update). *Documenta Ophthalmologica* 2004; 108(2): 107-114
- 39 鞠宏, 赵堪兴, 周南, 等. 弱视患者多焦视网膜电图的研究. *中华眼科杂志* 2004;40(10): 655-662
- 40 封利霞, 赵堪兴. 屈光参差性弱视同步记录多焦视觉诱发电位和多焦视网膜电图的对比研究. *中华眼科杂志* 2005;41(1): 41-46
- 41 Marmor MF, Hood DC, Keating D, et al. Guidelines for basic multifocal electroretinography (mfERG). *Documenta Ophthalmologica* 2003;106(2): 105-115
- 42 Vrabc TR, Affel EL, Gaughan JP, et al. Voluntary suppression of the multifocal electroretinogram. *Ophthalmology* 2004; 111(1): 169-176
- 43 Chan H, Siu AW. Effect of optical defocus on multifocal ERG responses. *Clin Exp Optometry* 2003;86(5): 317-322
- 44 李建军. 就多焦视网膜电图检查结果问题与“弱视患者多焦视网膜电图的研究”一文作者商榷. *中华眼科杂志* 2005;41(7): 583-584
- 45 McCulloch DL, Skarf B. Development of the human visual system: monocular and binocular pattern VEP latency. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1991;32(8): 2372-2381
- 46 Oner A, Coskun M, Evereklioglu C, et al. Pattern VEP is a useful technique in monitoring the effectiveness of occlusion therapy in amblyopic eyes under occlusion therapy. *Documenta Ophthalmologica* 2004;109(3): 223-227
- 47 Krzystkova KM, Kubatko-Zielińska A, Wójcik E, et al. Changes observed in electrophysiological investigations in amblyopia and strabismus. *Klinika Oczna* 1997;100(4): 229-234
- 48 张艳芳, 周妍丽. 弱视儿童治疗前后立体视觉及 P-VEP 的变化. *河北医学* 2014;20(12): 1987-1989
- 49 周妍丽, 钱志刚, 陈建平. 单眼远视性弱视儿童 P-VEP 检查的相关研究与临床分析. *中国中医眼科杂志* 2014;24(6): 432-434
- 50 张学印, 徐西玲, 贾红艳. 屈光不正性弱视患儿 PVEP 检测结果的相关性分析. *国际眼科杂志* 2015;15(9):1618-1620
- 51 邱飞岳, 薛颖, 王丽萍. 基于 P-VEP 技术的弱视检查与治疗系统的研制. *电子测量与仪器学报* 2006;20(1): 36-39
- 52 徐恒, 陆鸣冈, 邵倩, 等. 视觉诱发电位诊疗系统在儿童弱视治疗中的临床分析. *医学理论与实践* 2014;27(20): 2740-2741
- 53 尹峥, 李小影, 邝英桥, 等. P-VEP 游戏辅助综合疗法治疗儿童弱视. *国际眼科杂志* 2014;14(8):1488-1490
- 54 张作明, 阴正勤. 如何合理运用视觉诱发电位检测技术. *中华眼科杂志* 2013;49(12): 1061-1063
- 55 魏伟, 亓昊慧, 魏春惠, 等. 针刺特定穴位对单眼剥夺大鼠闪光视诱发电位的影响. *江苏中医药* 2006;26(11):41-43
- 56 魏伟, 亓昊慧, 魏春惠. 单眼剥夺弱视大鼠闪光视诱发电位的观察. *江苏医药* 2006;31(12): 944-945
- 57 Davis ET, Bass SJ, Sherman J. Flash visual evoked potential (VEP) in amblyopia and optic nerve disease. *Optometry Vis Sci* 1995;72(9): 612-618
- 58 Kubová Z, Kuba M. Clinical application of motion-onset visual evoked potentials. *Documenta Ophthalmologica* 1992;81(2): 209-218
- 59 龙时先, 吴德正. 多焦图形视觉诱发电位在视野不同区域的分布特性. *中华眼底病杂志* 2001;17(4): 280-283
- 60 余敏忠. 斜视性弱视的多焦视觉诱发电位特征. *眼科新进展* 2001;21(4): 246-248
- 61 彭芳, 陈圣龙. 斜视性弱视多焦视觉诱发电位的研究. *吉林医学* 2014;35(22): 4931-4932
- 62 刘晖, 陈霞. 斜视性弱视与屈光参差性弱视多焦视觉诱发电位的对比研究. *中国儿童保健杂志* 2012;20(2): 171-174
- 63 袁平, 尹兰琼, 陈晓. 斜视性弱视儿童多焦视觉诱发电位的研究. *中外医疗* 2012;31(11): 15-16
- 64 Klistorner AI, Graham SL. Electroencephalogram-based scaling of multifocal visual evoked potentials: effect on intersubject amplitude variability. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2001;42(9): 2145-2152
- 65 滑会兰, 苏鸣, 任生刚, 等. 调节性内斜视弱视儿童治疗前后多焦 VEP 与多焦 ERG 的研究. *山东医药* 2007;47(16): 26-27
- 66 李少敏, 郭静秋. 多导视觉诱发电位及其地形图在视路疾病中的诊断价值. *中国实用眼科杂志* 1996;14(6): 334-337
- 67 陈雪艺, 陈国策, 吴德正. 屈光参差性弱视 3 种空间频率多导视觉诱发电位地形图研究. *新疆医科大学学报* 2001;24(1): 39-42
- 68 赵堪兴, 甘文标. 功能性弱视儿童全视野刺激多导视觉诱发电位地形图研究. *中华眼科杂志* 1990;26(2): 68-72
- 69 邱芳芳. 共同性内斜视的多导视觉诱发电位研究. *福建医科大学学报* 2002;36(3):277